

# Efecto del ejercicio físico sobre la condición física en adultos con lesión medular: una revisión sistemática

## *Effect of physical exercise on physical condition in adults with medular injury: a systematic review*

Daniel Efrén García-González<sup>1</sup>, Carolina Sandoval-Cuellar<sup>2</sup>

**Citación:** García-González DE, Sandoval-Cuellar C. Efecto del ejercicio físico sobre la condición física en adultos con lesión medular: una revisión sistemática. *Ustasalud* 2021;20: 31-42.

### Licencia Creative Commons



La revista Ustasalud declara que su contenido se rige bajo la licencia Creative Commons de Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 Internacional. Por lo tanto, los lectores pueden acceder libremente a los artículos en su formato .pdf, igualmente podrán descargarlos y difundirlos; sin embargo no podrán modificarlos o alterarlos, adicionalmente se debe reconocer la autoría de las personas que figuran en las publicaciones, pero estas no podrán ser comercializadas.

### Resumen

Esta revisión pretende determinar el efecto del ejercicio físico sobre la capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en adultos con lesión medular. La búsqueda sistemática se hizo en las bases de datos PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados, Scielo y ScienceDirect entre los años 1990-2016. Se identificaron 2906 artículos. El 31% de los estudios incluidos fueron realizados en Canadá, 46,1% en Estados Unidos y Australia, 15,3% en Holanda y 7,6% en Brasil, el tiempo postoperatorio para intervención con ejercicio físico osciló entre 11,58 meses y 24 años. El 100% de los estudios reportaron el protocolo de intervención utilizado en términos de longitud, duración, frecuencia e intensidad, el 46% de los estudios reportó niveles de lesión medular. Los resultados de las intervenciones mediadas a través de ejercicio físico sobre los componentes de la salud física en pacientes con lesión medular son alentadores. Los estudios analizados evidencian los beneficios sobre la capacidad física, fuerza y resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en pacientes con lesión medular que favorecen la calidad de vida y el bienestar psicológico de dicha población.

**Palabras clave:** Traumatismos de la médula espinal, ejercicio, fuerza muscular, composición corporal, entrenamiento de resistencia.

### Abstract

This review aims to determine the effect of physical exercise on physical capacity, muscular strength-endurance, body composition and functional performance in adults with spinal cord injury (SCI). The systematic search was carried out in the databases PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Scielo and ScienceDirect between the years 1990-2016. 2906 articles were identified in the consulted databases. 31% of the included studies were conducted in Canada, 46.1% in the United States and Australia, 15.3% in the Netherlands and 7.6% in Brazil, the postoperative time for intervention with PE ranged between 11.58 months and 24 years. 100% of the studies reported the intervention protocol used in terms of length, duration, frequency and intensity, 46% of the studies reported levels of spinal cord injury. The results of the interventions mediated through PE on the components of physical health in patients with spinal cord injury are encouraging. The analyzed studies show the benefits on physical capacity, muscular strength and endurance, body composition and functional performance in patients with spinal cord injury that favor quality of life and the psychological well-being of said population.

**Keywords:** Spinal cord injuries, exercise, muscle strength, body composition, and resistance training.

1 Magister en Actividad Física y Salud Centro de Estudios para la Medición de la Actividad Física. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia.

2 Magister en Intervención Integral del Deportista. Centro de Estudios para la Medición de la Actividad Física. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia.

#### Autor de Correspondencia:

Daniel Efrén García-González

#### Correo electrónico:

danielegg05@gmail.com.

Recibido para publicación:  
8 de septiembre de 2020  
Aceptado para publicación:  
17 de febrero de 2021

## INTRODUCCIÓN

La lesión medular (LM) puede definirse como todo proceso patológico (conmoción, contusión, laceración, compresión o sección), de cualquier etiología (traumática y no traumática), que afecta la médula espinal y puede originar alteraciones de la función neurológica por debajo de la lesión: motoras, sensitivas y autonómicas [1]. Se calcula que su incidencia mundial anual oscila entre 40 y 80 casos por millón de habitantes, siendo Estados Unidos uno de los países donde existe mayor número de personas con dicha condición [2, 3].

Los traumatismos constituyen la primera causa de LM, presentándose el 60% de los casos en países desarrollados y cerca del 80% en países en vía de desarrollo; allí, los traumas son ocasionados por heridas de armas blancas y de fuego, accidentes de tránsito, caídas, zambullidas en aguas poco profundas, accidentes deportivos y laborales [1].

Este tipo de lesión ocurre predominantemente entre los 15 a 35 años con una distribución por sexo (hombre / mujer) de 4:1, el nivel neurológico más afectado suele ser el cervical C5; además, se asocia a menores tasas de escolarización, participación económica y supone un costo importante para quienes las padecen como para la sociedad en su conjunto [2, 4].

Los individuos con LM presentan alteraciones en los cuatro componentes de la salud física: capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional, desencadenando complicaciones en salud secundarias, tales como obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión arterial, síndrome metabólico, osteoporosis, dolor crónico e infecciones de la piel y de la vejiga [5].

Dentro de las afecciones características en cada uno de los componentes, la pérdida de la capacidad física se caracteriza por una disminución de la capacidad pulmonar y una alteración del control cardiovascular por la interrupción de la entrada descendente al sistema nervioso autónomo (SNA), generando un efecto significativo en la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la regulación de la temperatura. Además, se presenta una serie de cambios en el sistema músculo esquelético,

incluyendo la atrofia, que conlleva la disminución de la fuerza muscular y resistencia a la fatiga, sumado al desacondicionamiento físico [6].

A nivel morfológico, los cambios en la composición corporal se producen por la presencia de obesidad, debido a la capacidad reducida de los pacientes con LM de incorporar todos los músculos para la realización de ejercicio físico (EF), lo cual resulta en una pérdida marcada de masa muscular y en un aumento de la adiposidad corporal, haciendo difícil la realización de las actividades cotidianas de manera independiente y autónoma. Sumado a ello, la pérdida marcada de la densidad mineral ósea (DMO) como resultado de cambios neurales, vasculares y hormonales, incrementa el riesgo de osteoporosis y fracturas [4,6].

Entre las estrategias de intervención física, aplicadas en pacientes con LM se incluyen: la Electro Estimulación Funcional (EEF), el entrenamiento aeróbico, entrenamiento en circuitos, la actividad física asistida por robótica, participación en actividades deportivas, programas de rehabilitación con trabajo de peso libre, bandas elásticas, uso de máquinas de levantamiento de peso, ergometría del brazo, entrenamiento de la marcha en cinta rodante con soporte de peso, modificaciones en la dieta, natación y otros deportes, que favorezcan la participación, inclusión social y comunitaria [4, 7, 8]. Todas estas estrategias están orientadas a mejorar la resistencia aeróbica, la salud cardiovascular, la habilidad y movilidad de las articulaciones, la extensibilidad muscular, evitar la pérdida ósea, reducir el dolor y la espasticidad, mejorando así la calidad de vida (CV) [7].

En la actualidad, no existe evidencia conocida que sistematice los efectos del EF sobre la LM para poder establecer conclusiones significativas de este sobre los componentes de la salud física, principalmente en lesiones agudas, requiriéndose para ello estudios de mayor calidad [9]. Por otra parte, otros autores han reportado evidencia ambigua y de poca calidad con respecto a los efectos del EF sobre la composición corporal y el rendimiento funcional en personas con LM [3, 10].

Con base en lo anterior, se decidió realizar esta revisión sistemática, con el objetivo de evidenciar el

efecto del EF sobre la capacidad física, fuerza y resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en adultos con lesión medular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio responde a una revisión sistemática de la literatura acorde con los lineamientos descritos en la declaración PRISMA [11, 12] y en el *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones*, versión 5.1.0 [13].

Dentro de los criterios de inclusión se tuvieron en cuenta ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECCA) que fueran publicados desde 1990 hasta 2016, verificando el cumplimiento de los criterios de selección establecidos según la estrategia (PICO), agrupando la búsqueda en los siguientes temas: población (P), intervención (I), grupo control (C) y Outcome o resultado (O). Durante su desarrollo no se aplicaron limitaciones lingüísticas.

Se excluyeron investigaciones realizadas en pacientes menores de 18 años, estudios con experimentación animal, estudios con protocolos de intervención en actividades, como Yoga, Tai-chi, meditación, medicina alternativa, entre otras; investigaciones en las que el diseño no fuera claro o no incluyeran en su modelo un grupo de control, estudios realizados en pacientes que no presenten algún tipo de LM (completa e incompleta), y estudios que únicamente incluyeran intervenciones farmacológicas en los pacientes con LM.

Esta búsqueda sistemática se hizo en las bases de datos de PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science y las bibliotecas electrónicas Scielo y ScienceDirect. Para ello, se utilizaron los operadores lógicos AND, OR y NOT que fueron usados para combinar las palabras clave extraídas de los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) y de los Medical Subject Headings (MeSH): muscle strength, breast cancer, quality of life, exercise, resistance training; de esta manera, lograr una selección específica de la literatura.

La búsqueda fue realizada por dos autores cegados e independientes, durante el periodo: diciembre del 2015 hasta julio de 2016, la cual tuvo en cuenta las recomendaciones de Robinson y Dickersin [14].

Los resultados obtenidos describieron las características generales de la población, el tipo de estudio, el tipo de evaluación e intervención, las variables analizadas y los principales resultados encontrados.

### Selección de estudios

La búsqueda y proceso de selección de los artículos se llevó a cabo mediante cuatro fases, las cuales permitieron a los autores seleccionar 13 artículos como muestra el diagrama de flujo (Fig. 1). En la primera fase (identificación), se encontraron 2906 estudios; 2641 fueron eliminados: 1209 textos científicos duplicados, 612 entre metaanálisis, revisiones sistemáticas, estudios descriptivos, estudios en curso, modelos con animales, intervenciones en niños, intervenciones con yoga, tai-chí o masaje, asunto principal e intervenciones en pacientes sin lesión medular y 820 protocolos de ECCAs. Durante la segunda fase (screening), se prescindió de un total de 13 estudios por no cumplir los criterios de selección propuestos. En la tercera etapa (elegibilidad) se excluyeron 239 manuscritos, estableciendo en la cuarta y última etapa (inclusión) 13 artículos científicos con los cuales se adelantó el presente estudio (Fig. 1). Los resultados de la búsqueda fueron sintetizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel© 2013.

### Extracción de datos

Un autor de forma independiente (DEGG) extrajo los datos y los registró en una hoja de cálculo electrónica en Microsoft Excel©. Proceso verificado por un segundo autor cegado (CSC) frente a los resultados del primer autor. Los datos extraídos de cada estudio fueron: autores, año de publicación, diseño del estudio, nivel de lesión, clasificación (American Spinal Injury Association) ASIA, tiempo después de la lesión, tamaño de la muestra, características de las intervenciones (intensidad, frecuencia y duración), modalidad (es) de actividad física (AF), edad de los pacientes, instrumento y medidas de resultado.

### Evaluación de la calidad metodológica

Dos autores (DEGG y CSC), de manera independiente, evaluaron la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, utilizando la escala PEDro [16], basada en la lista Delphi [13, 17]. Esta escala

establece a cada ítem una puntuación de 0 a 10 para determinar la calidad metodológica de los ECCA. Cada estudio obtiene una calificación a través de la información disponible, tanto de la versión publicada como de la comunicación con los autores. El presente estudio estableció una puntuación de 5/10 como el valor mínimo para la inclusión de los ensayos en este [18]. Para ello, un autor independiente y capacitado (DEGG) realizó el proceso, a cada ítem se le asignó un SÍ cumple (calificado como 1) o un NO cumple (calificado como 0), siendo ponderados con igual importancia (Tabla 1).

Adicionalmente, para el ECCA que no fue encontrado durante el proceso de evaluación de calidad metodológica, un autor independiente y capacitado

(DEGG) hizo la evaluación metodológica del mismo manualmente, bajo los criterios establecidos según PEDro. Para ser incluido en la etapa de extracción de información y análisis de resultados, se estableció que el estudio debería cumplir al menos cinco ítems de la escala PEDro.

En total, los trece estudios incluidos cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para la presente revisión; además de los criterios de asignación aleatoria, estimaciones puntuales y variabilidad, que establece la escala PEDro. Sin embargo, ninguno de los estudios incluidos cumple con los criterios de sujetos y terapeutas cegados. Los ECCA [7, 21, 23, 24] informaron presencia de efectos adversos en las intervenciones con AF y EF.

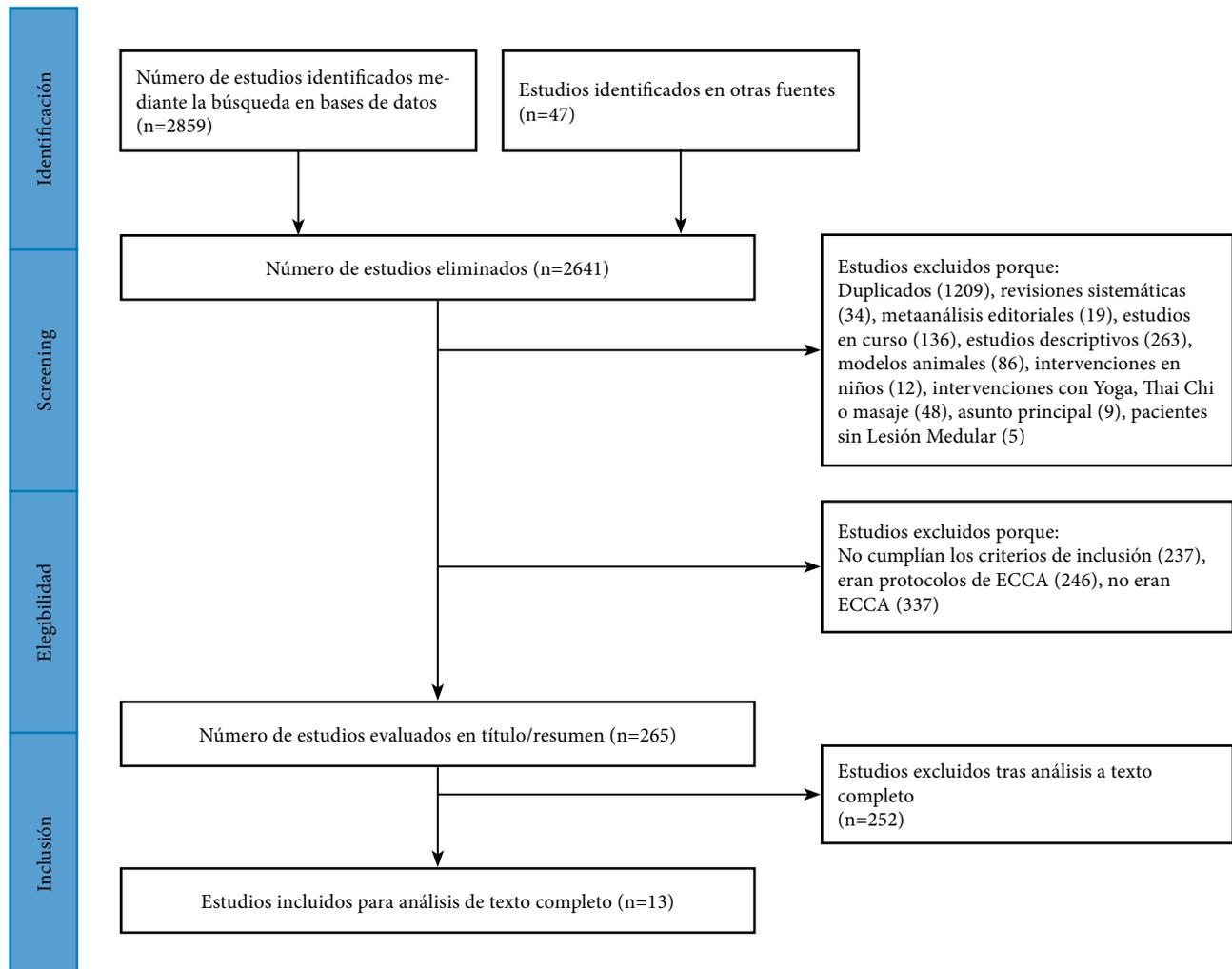


Figura 1. Diagrama de flujo para los métodos de la estrategia de búsqueda de acuerdo con la declaración PRISMA.

Tabla 1. Estudios evaluados por escala PEDro.<sup>16</sup>

Artículos	Hicks et al 2003	Harvey et al 2009	Harvey et al 2010	Mulroy et al 2011	Giangre- gorio et al 2012	Gorgey et al 2013	Hitzig et al 2013	Lavado et al 2013	Ralston et al 2013	Kapadia et al 2014	Bakkum et al 2015	Nooijen et al 2015	Gorgey et al 2015
Criterios de Elegibilidad	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asignación Aleatoria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asignación Oculta	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Comparación de la Línea de Base	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Sujetos Ciegos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terapeutas Ciegos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evaluador Ciego	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Seguimiento Adecuado	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
Análisis por Intención de Tratar	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Comparación entre Grupos	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estimaciones Puntuales y Variabilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1=Si Cumple	5	8	9	8	8	7	6	9	9	6	7	9	6
2=No Cumple	6	3	2	3	3	4	5	2	2	5	4	2	5

## RESULTADOS

Se identificaron 2906 artículos en las bases de datos consultadas. El 31% de los estudios incluidos fueron realizados en Canadá, 46,1% en Estados Unidos y Australia, 15,3% en Holanda y 7,6% en Brasil, el tiempo postoperatorio para intervención con EF osciló entre 11,58 meses y los 24 años (Tablas 2 y 3). El 100% de los estudios reportaron el protocolo de intervención utilizado en términos de longitud, duración, frecuencia e intensidad, el 46% de los estudios reportó niveles de lesión medular (C2-T12-ASIA C y D). El promedio de edad fue 41,43 años y los tamaños de muestra utilizados de 7 hasta 80 sujetos, un 54% de los estudios incluyó hombres. Estos estudios fueron realizados en población europea, asiática, afrodescendiente, latina, australiana y blancos. Además, las mediciones en los grupos controles se caracterizaron por ser de 8 hasta 16 semanas, con intervenciones en dieta (45% carbohidratos, 30% grasas y 25% proteína), acciones educativas, técnicas de relajación, manejo del dolor, videos de anatomía del hombro e instrucciones para acciones de la vida diaria.

Finalmente, todos los estudios incluyeron evaluación de alguno de los componentes de la salud física; sin embargo, difirieron en el tipo de instrumento para la medición.

## DISCUSIÓN

Los resultados de las intervenciones mediadas a través de EF sobre los componentes de la salud física en pacientes con LM son alentadores. Los estudios analizados evidencian los beneficios sobre la capacidad física, fuerza y resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en pacientes con LM que favorecen la CV y el bienestar psicológico de dicha población [23, 25, 29].

Los resultados encontrados por Bakkum et al. [27] y Lavado et al. [20], sugieren que el entrenamiento supervisado de ejercicio aeróbico en pacientes con LM a intensidades entre el 65% hasta el 80% FC<sub>máx</sub> mejoran de manera significativa la capacidad física mediante el incremento del VO<sub>2</sub>peak y la reducción de la adiposidad visceral; sin embargo, Hicks et al. [29] evidencian que las intervenciones con intensidades

entre el 70% y el 90% de la FC<sub>máx</sub>, con 120 minutos de trabajo por sesión, favorecen el desarrollo de la capacidad física, fuerza y resistencia muscular, CV y bienestar psicológico.

Por otra parte, Harvey et al. [19]; Lavado et al. [20]; Kapadia et al. [26] y Gorgey et al. [30] demostraron que los cambios morfológicos en las estructuras musculares para el desarrollo de la fuerza en miembros inferiores contemplan protocolos con una frecuencia de entrenamiento de 2-3 veces por semana, intensidad moderada a vigorosa (65% al 80% FC) compuestas por 3 series de 8-10 repeticiones. Contrario a ellos, Mulroy et al. [23] y Hicks et al. [29] utilizaron protocolos de intervención que favorecieron el desarrollo de la fuerza en miembros superiores a nivel de los músculos bíceps y deltoides, facilitando movimientos como la abducción, elevación escapular, rotación externa y rotación interna del hombro.

Frente a la composición corporal, los estudios de Ralston et al. [21]; Giangregorio et al. [24] y Gorgey et al. [28] coinciden en que las intervenciones físicas mediadas a través de EEf reducen la masa grasa, el peso corporal, el porcentaje graso corporal, el IMC, perímetro o circunferencia abdominal y la grasa en pantorrilla; además que, la EEf favorece el incremento del músculo magro a nivel corporal. Sin embargo, Bakkum et al. [27] obtuvieron efectos sobre la composición corporal en la reducción de la grasa del tronco y androide, a través de intervención con cicloergómetro de brazo.

Los beneficios a nivel del rendimiento funcional fueron observados en su mayoría mediante protocolos diversos, algunos con la implementación de EEf, EEf+Lokomat 70, Robot-Assisted Gait Training y Body Weight-Supported Gait Training, obteniendo beneficios en la velocidad media de marcha, habilidades sobre la silla de ruedas, propulsión en la silla de ruedas y desarrollo de limitaciones en actividades de la vida diaria [10, 22, 23, 34, 35]. Diferente a ellos, Harvey et al. [7] realizaron un programa de intervención mediante el entrenamiento de la flexibilidad, demostrando cambios significativos a nivel de la amplitud del rango articular del hombro y la flexibilidad de los músculos de la espalda y extremidades superiores.

Tabla 2. Características generales de la población

Autor	Población															
	Autor-Año de estudio	Pais	Protocolo	Tipo de Lesión Medular	Tamaño de la muestra (n)	Tiempo después de la lesión	Experimental (n)	Control (n)	Edad promedio	SD Edad promedio	Edad promedio Experimental	SD Edad promedio Experimental	Edad promedio Control	SD Edad promedio Control	Raza/Etnia	Género
Hicks et al 2003	Canadá	SI	(C4 - L1; ASIA A - D)	34	1 - 24 AÑOS	21	13	NR	NR	36,9	11,4	43,2	9,3	NR	NR	H/M
Harvey et al 2009	Australia	SI	(C2 - C7; ASIA A - B)	40	8 AÑOS (4-14)	20	20	39	(34-44)	NR	NR	NR	NR	NR	NR	H/M
Harvey et al 2010	Australia	SI	(C5 - L2; ASIA C - D)	20	3 AÑOS (2-8)	10	10	39	NR	40	NR	39	NR	NR	NR	H/M
Mulroy SJ et al 2011	Estados Unidos	SI	(ASIA A, B, C y D)	80	5 AÑOS	40	40	NR	NR	47	9	47	12	Afro, Latino, Blancos	H/M	
Giangregorio et al 2012	Canadá	SI	(C2 - T12; ASIA C y D)	34	8,75 AÑOS (9,7)	17	17	55,3	15,1	56,6	14	54,1	16,5	NR	NR	H
Gorgey et al 2013	Estados Unidos	SI	(C5 - T11; ASIA C y D)	9	1 AÑO	5	4	35	9	NR	NR	NR	NR	NR	NR	H
Hitzig et al 2013	Canadá	SI	(C2 - T12; ASIA C y D)	34	> 18 MESES	17	17	NR	NR	56,6	14	54,1	16,5	NR	NR	H
Lavado et al 2013	Brasil	SI	(C8 - T12; ASIA C y D)	42	4,8 AÑOS	21	21	NR	NR	34,1	11,1	38,5	10,6	NR	NR	H/M
Ralston et al 2013	Australia	SI	(C4 - T10; ASIA A y B)	14	NR	7	7	25	22 - 32	NR	NR	NR	NR	NR	NR	H
Kapadia et al 2014	Canadá	SI	(C2 - T12; ASIA C y D)	34	> 18 MESES	17	17	55,32	15,1	56,59	14	54,06	16,45	NR	NR	H
Bakkum et al 2015	Holanda	SI	(C2 - T12; ASIA C y D)	19	21 MESES	9	10	NR	NR	49	3	47	3	NR	NR	H/M
Gorgey et al 2015	Estados Unidos	SI	(C5 - C7; ASIA)	7	15 MESES	4	3	NR	NR	35	10	29	4	NR	NR	H
Nooljen et al 2015	Holanda	SI	(C5 - T1; ASIA A - D)	45	11,58 MESES	23	22	NR	NR	44	15	44	15	NR	NR	H

RCT: Randomized Controlled Trial. NR: No Registra. Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 3. Características de la intervención

Autor	Intervención					Medición de Resultados					
	Modalidad de ejercicio		Supervisada	Longitud (Semanas)	Duración (min/sesión)	Frecuencia (sesiones/semana)	Intensidad (porcentaje frecuencia cardiaca)	Outcomes	Instrumento		
Autor-Año de estudio	Fuerza	Resistencia	Fuerza/Resistencia	Flexibilidad	FES						
Hicks et al 2003	X	X	X			36	90-120	2	70%-80%	Capacidad Física, Calidad de Vida, Bienestar Psicológico, Fuerza y Resistencia	Arm Crank Protocol, PSS, The Centre for Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D), Reboussin and colleagues' 9-item body satisfaction questionnaire, SF-36, PQOL
Harvey et al 2009			X			24	10 en mañana y 10 en la noche	5	NR	Flexibilidad, Rango de movilidad articular.	12 Nm Torque
Harvey et al 2010	X	X	X			8	NR	NR	NR	Fuerza y Resistencia	STIWELL med4 portable neurostimulator (Otto Bock Healthcare Products, Vienna, Austria) Satisfaction items of the Canadian Occupational Performance Measure (COPM; points).
Mulroy SJ et al 2011	X	X				16	60	3	60%-75%	Fuerza y Resistencia, Calidad de Vida, Bienestar Psicológico, dolor en el hombro, índice de dolor del usuario en silla de ruedas (WUSPI)	Short-Form Health Survey questionnaire (SF-36) subscale scores, and QOL scores
Giangregorio et al 2012	X	X				16	45	3	60% - 75 %	Espasticidad, Atrofia Muscular, Osteoporosis, Masa libre de grasa corporal, Masa Magra de la Pierna y Pantorrilla, Masa grasa	Loko 70, Woodway USA Inc., Foster Ct, Waukesha, WI, USA.
Nooijen et al 2015	X					8	60	3	60%-75%	Actividad Física	handcycle training program, Body-Fixed Three-axis accelerometers

Autor Autor-Año de estudio	Intervención					Medición de Resultados				
	Modalidad de ejercicio			Supervisada S/N	Longitud (Semanas)	Duración (min/sesión)	Frecuencia (sesiones/semana)	Intensidad (porcentaje frecuencia cardiaca)	Outcomes	Instrumento
	Fuerza	Resistencia	Fuerza/ Resistencia							
Gorgey et al 2013	X			SÍ	12	NR	3	60% - 75 %	Composición Corporal y Metabolismo	(Vmax metabolic cart; SensorMedics Vmax, Yorba Linda, CA)
Hitzig et al 2013	X			SÍ	16	45	3	60% - 75 %	Espasticidad, Atrofia Muscular, Osteoporosis, Actividades de la vida diaria, Participación Comunitaria y Satisfacción de la Vida.	(BWST) (Loko 70; Woodway USA Inc.) / 2 Compex Motion transcutaneous electric stimulators (Compex SA, Switzerland)
Lavado et al 2013	X			SÍ	16	60	3	70% - 80%	VO2 peak	Vo2max = {kgm/min-1 × 3.0 mL O2/kg-1 min-1} + {weight [kg] × 3.5 mL O2/kg-1 min-1}
Ralston et al 2013			X	SÍ	5	60	NR	NR	Producción de Orina, Hinchazón de los miembros inferiores, Circunferencia de la Pierna, Espasticidad	{weight [kg] × 3.5 mL O2/kg-1 min-1}
Kapadia et al 2014	X		X	SÍ	16	45	3	60% - 75%	Espasticidad, Atrofia Muscular, Osteoporosis, Satisfacción de la Vida y Participación en Sociedad	(Loko70, Woodway, USA) / 4 channel electric stimulators Compex Motion (Compex SA, Switzerland)
Bakkum et al 2015	X			SÍ	16	35	NR	65%-75%	Estado inflamatorio, Adiposidad Visceral y Síndrome Metabólico	The hybrid cycle (BerkeBike Pro, BerkeBike BV, St Michielsgestel, The Netherlands)
Gorgey et al 2015	X	X	X	SÍ	12	NR	NR	60% - 75%	Longitud de la fascia intermuscular y Área transversal del tendón rotuliano	Surface neuromuscular electrical stimulation (NMES) training
Nooijen et al 2015	X			SÍ	8	60	3	60%-75%	Actividad Física	handcycle training program, Body-Fixed Three-axis accelerometers

Frente a la composición corporal, los estudios de Ralston et al. [21]; Giangregorio et al. [24] y Gorgey et al. [28] coinciden en que las intervenciones físicas mediadas a través de EEF reducen la masa grasa, el peso corporal, el porcentaje de grasa corporal, el IMC, el perímetro o circunferencia abdominal y la grasa en pantorrillas; además que, la EEF favorece el incremento del músculo magro a nivel corporal. Sin embargo, Bakkum et al. [27] obtuvieron efectos sobre la composición corporal en la reducción de la grasa del tronco y androide, a través de intervención con cicloergómetro de brazo.

Los ECCA [7, 21, 23, 24] a diferencia de Harvey et al. [19]; Ralston et al. [21]; Nooijen et al. [22]; Kapadia et al. [26]; Bakkum et al. [27]; Hicks et al. [29] y Gorgey et al. [30] reportaron presencia de efectos adversos en las intervenciones mediadas a través de AF y EF, dentro de ellos se destacan: aumento del dolor del cuello y abrasión del codo, pérdida de la conciencia o desmayo, rodillas hinchadas, dolor en el codo izquierdo, sonido en los oídos y mareo, úlcera de presión que requiere hospitalización, infección renal que requiere hospitalización, cirugía de la vejiga, abandonos del estudio secundarios a problemas médicos y abandonos del estudio debido a la asignación al azar.

Por otra parte, el tratamiento convencional para estos pacientes tradicionalmente sugiere intervenciones de tipo quirúrgicas y farmacológicas, siendo el EF considerado un tratamiento complementario, que demanda mayor cuerpo de investigación, ya que sus efectos sobre los componentes de la salud física no son suficientemente conocidos [36, 37]. Entre las características que no permiten generalizar los resultados de los estudios analizados, están: el pequeño tamaño de muestra utilizado en algunos estudios [19, 27, 30], la heterogeneidad en los procesos de evaluación, tanto de fuerza, resistencia muscular, rendimiento funcional, composición corporal y capacidad física y el no control de algunas variables de confusión, como el uso de medicamentos, estado nutricional y niveles de actividad física [23, 24, 38].

Se sugiere continuar con estudios observacionales o experimentales, controlando las variables confusoras anteriormente descritas, para poder evidenciar el potencial impacto del EF sobre los componentes de la salud física. Lo anterior, le permitirá al profesional de la salud o del ejercicio físico considerar el EF como un criterio pronóstico de la calidad de vida o una herramienta de tratamiento para atenuar los efectos del tratamiento convencional en pacientes con LM.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a José Meneses Echávez quien impulsó, en primera instancia, la elaboración de este proyecto y a la médica y cirujana Paola Andrea Muñoz Pérez, quien facilitó sus conocimientos profesionales para esclarecer el proceso fisiopatológico de la LM.

## REFERENCIAS

- [1] Lema H, Pérez C, Parra J. Modelo predictivo del grado de discapacidad en adultos con lesión medular: Resultados desde el Who-Das II. *Ciencias de la Salud*. 2011 May; 2(48): 159-172. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-72732011000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732011000200005)
- [2] Wyndaele C, Wyndaele J. Incident, prevalence, and epidemiology of spinal cord injury: What learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord*. 2006 Feb; 23(10): 523-529. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101893>
- [3] Sisto A, Evans S, Nick. Activity and fitness in spinal cord injury: review and update. *Curriculum Physical Medical Rehabilitation*. 2014 Jun; 3(3): 147-157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40141-014-0057-y>
- [4] OMS. World Health Organization. [Online]; 2013 [Update 2016 august 26; cited 2014 Abril 10]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheet/fs384/es/>.
- [5] Froelich-Grobe K, Lee J, Aaronson L, Nary D, Washburn R, Little T. Exercise for Everyone: A Randomized Controlled Trial of Project Workout on Wheels in Promoting Exercise Among Wheelchair Users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014 Aug; 20(95): 20-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.07.006>
- [6] Arsom K, Ginis M, Jorgensen S, Stapleton J. Exercise and Sport for Persons With Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012 Apr; 27(84): 894-900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.08.006>
- [7] Harvey LA, Lin CW, Glinsky J, De Wolf A. The Effectiveness of Physical Interventions for People with Spinal Cord Injuries: A Systematic Review. *Spinal Cord*. 2009 Jun; 47(71): 184-195. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.2008.100>
- [8] Kathleen A, Arbour-Nicitopoulos K, Ginis M, A.E L. Planning leisure-time physical activity and coping self-efficacy in persons with spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009 Dec; 90(19): 2003-2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.06.019>
- [9] Hicks AL, Ginins M, Pelletiere C, Ditor D, Foulon B, Wolfe D. The Development of Evidence-Informed Physical Activity Guidelines for Adults with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Spinal Cord*. 2011 Jun; 49(11): 1088-1096. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.2011.63>
- [10] Swinnen E, Duerinck S, Baeyens JP, Meeusen R, Kerckhfs E. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2010 Enero; 42(6): 520-526. DOI: <https://doi.org/10.2340/16501977-0538>
- [11] Liberati A, Douglas GA, Jennifer T, Cynthia M, Gotzche P, John PAI, et al. The PRISMA statement for reporting

- systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care Interventions: explanation and elaboration. *PLoS Medicine, BMJ, Journal of Clinical Epidemiology, and Open Medicine*. 2009 Julio; 62(10): e1-e34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- [12] Moher D, Liberati A, Jennifer T, Altman D, Group atP. Reprint preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine, BMJ, Journal of Clinical Edidemiology, and Open Medicine*. 2009 Septiembre; 89(9): 873-880. DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/89.9.873>
- [13] Higgins J, Green S. Cochrane collab. [Online]. 2011 [Update 2016 september 17; cited 2017 Abril 10. Available from: [www.handbook.cochrane.org](http://www.handbook.cochrane.org).
- [14] Robinson K, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *International Journal of Epidemiology*. 2002 Octubre; 31(1): 150-156. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/31.1.150>
- [15] McNeely M, Campbell K, Rowe B, Klassen T, Mackey J, Courneya K. Effects of exercise on breast cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine Archives Journal*. 2006 Julio; 175(1): 34-41. DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.051073>
- [16] Association AP. PEDro Physiotherapy evidence database. [Online]; 2017 [Update january 19 ; cited 2017 Septiembre 24. Available from: <https://www.pedro.org.au/>.
- [17] Verhagen A, de Vet H, de Bie R, Kessels A, Boers M, Bouter L, et al. The delphi list: A criteria List for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by delphi consensus. *Journal Clinical of Epidemiology*. 1998 Febrero; 51(12): 1235-1241. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00131-0)
- [18] Moseley A, Herbert R, Sherrington C, Mher C. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the physiotherapy evidence database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy*. 2002 Abril; 48(1): 43-49. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6)
- [19] Harvey L, Fornusek C, Bowden J, Pontifex N, Glinsky J, Middleton J, et al. Electrical stimulation plus progressive resistance training for leg strength in spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2010 Enero; 48(7): 570-575. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.2009.191>
- [20] Lavado E, Cardoso J, Silva L, Dela Bela L, Atallah A. Effectiveness of aerobic physical training for treatment of chronic asymptomatic bacteriuria in subjects with spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2013 Enero; 27(2): 142-149. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215512450522>
- [21] Ralston K, Harvey L, Batty J, Lee B, Ben M, Cusmiani R et al. Functional electrical stimulation cycling has no clear effect on urine output, lower limb swelling, and spasticity in people with spinal cord injury: a randomised cross-over trial. *Journal of Physiotherapy*. 2013 junio; 59(4): 237-243. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70200-5](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70200-5)
- [22] Nooijen C, Stam H, Bergem M, Bongers-Janssen H, Valent L, van Lageveld S, et al. A behavioural intervention increase physical activity in people with subacute spinal cord injury: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*. 2016 Enero; 62(1): 35-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.11.003>
- [23] Mulroy S, Thompson L, Kemp B, Hatchett P, Newsan C, Gutierrez Lupold D, et al. Strengthening and optimal movements for painful shoulders (STOMPS) in chronic spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Physical Therapy Clinical Research Network*. 2011 Marzo; 91(3): 305-324. DOI: <https://doi.org/10.2522/ptj.20100182>
- [24] Giangregorio L, Craven C, Richards K, Kapadia N, Hitzig S, Masani K, et al. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on body composition. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2012 october; 35(5): 351-360. DOI: <https://doi.org/10.1179/2045772312Y.0000000041>
- [25] Hitzig S, Craven C, Panjwani A, Kapadia N, Giangregorio L, Richards K, et al. Randomized trial of functional electrical stimulation therapy for walking in incomplete spinal cord injury: effects on quality of life and community participation. *Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2013 march; 19(4): 245-258. DOI: <https://doi.org/10.1310/sci1904-245>
- [26] Kapadia N, Masani K, Craven C, Giangregorio L, Hitzig S, Richards K, et al. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on walking competency. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2014 april; 37(5): 511-524. DOI: <https://doi.org/10.1179/2045772314Y.0000000263>
- [27] Bakkum A, Paulson T, Bishop N, Goosey-Tolfrey V, Stolwijk-Swuste J, van Kuppelvelt D, et al. Effects of hybrid cycle and handcycle exercise on cardiovascular disease risk factor in people with spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2015 may; 47(6): 523-530. DOI: <https://doi.org/10.2340/16501977-1946>
- [28] Gorgey A, Mather K, Cupp H, Gater D. Effects of resistance training on adiposity and metabolism after spinal cord injury. *Journal of the American College of Sports Medicine*. 2012 august; 44(1): 165-174. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31822672aa>
- [29] Hicks A, Martin K, Ditor D, Latimer A, Craven C, Bugaresti J, et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on streng-

- th, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*. 2003 may; 41(1): 34-43. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101389>
- [30] Gorgey A, Khalil R. Neuromuscular electrical stimulation training increases intermuscular fascial length but not tendon cross-sectional area after spinal cord injury. *Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2015 june; 21(1): 87-92. doi: 10.1310/sci2101-87.
- [31] Nash M. S, van de Ven I, van Elk N, Johnson B. M. Resistance training program of the upper extremity in manual wheelchair users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007 january; 88(1): 70-75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.003>
- [32] Ditor D, Latimer A, Martin Ginins K, Arbour K, McCartney N, Hicks A. Maintenance of exercise participation in individuals with spinal cord injury: effects on quality of life, stress, and pain. *Spinal Cord*. 2003 november; 41(8): 446-450. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101487>
- [33] Bakkum A, de Groot S, van der Woude L, Janssen T. The effects of hybrid cycle training in inactive people with long-term spinal cord injury: design of a multicenter randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. 2012 june; 35(13): 1127-1132. DOI: <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.715719>
- [34] Wirz M, Zemon D, Rupp R, Schell A, Colomo G, Dietz V. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005 august; 86(4): 672-680. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.08.004>
- [35] Wessels M, Cees L, Inge E, de Groot S. Body-weight-supported gait training for restoration of walking in people with an incomplete spinal cord injury: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2010 january; 42(6): 513-519. DOI: <https://doi.org/10.2340/16501977-0525>
- [36] Jiménez B, Martín J, Abadía O, Herrero JA. Resistance Training Program of the Upper Extremity in Manual Wheelchairs Users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007 september; 7(27): 152-159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.003>
- [37] Harvey L, Herbert R, Glinsky J, Moseley A, J B. Effects of 6 months of regular passive movements on ankle joint mobility in people with spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2009 june; 47(1): 62-66. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.2008.71>
- [38] Hicks A. L, Ginis K. M, Pelletier C. A, Ditor D. S, Foulon B, Wolfe D. L. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2011 june; 49(11): 1103-1127. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.2011.62>

### Correo electrónico de los autores:

Daniel Efrén García-González: [danielegg05@gmail.com](mailto:danielegg05@gmail.com)  
 Carolina Sandoval-Cuellar: [carolinasandovalmaestria@gmail.com](mailto:carolinasandovalmaestria@gmail.com)